

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“ANÁLISIS ECONÓMICO DE RESULTADOS DE
RENDIMIENTO EN TESIS DE FERTILIZACIÓN EN EL
PERÍODO 2013 – 2017 EN LA UNP”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Br. EDGAR RODRIGO POTENCIANO SANTOS

PIURA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“ANÁLISIS ECONÓMICO DE RESULTADOS DE RENDIMIENTO
EN TESIS DE FERTILIZACIÓN EN EL PERÍODO 2013 – 2017 EN
LA UNP”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**PRESENTADA A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA PARA
OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

Br. EDGAR RODRIGO POTENCIANO SANTOS
EJECUTOR

Ing. VICTOR REQUENA SULLÓN
ASESOR

PIURA - PERÚ

2019

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

Yo: **BR. EDGAR RODRIGO POTENCIANO SANTOS**, identificado con DNI N° 72950004, Bachiller de la Escuela Profesional de Agronomía, de la Facultad de Agronomía y domiciliado en AA.HH Ciudad del Niño Mz. I4 Lote 9, Distrito de Castilla, Provincia de Piura, Departamento Piura.

Celular 939316294

Email: eros000811@gmail.com

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el Trabajo de Investigación que presento es auténtica e inédita, no siendo copia parcial ni total de un Trabajo de Investigación desarrollada y/o realizada en el Perú o en el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código penal concordante con el Art. 32 de la ley N° 27444, y ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fé de lo cual firmo la presente.

Piura, Setiembre del 2019.



.....
BR. EDGAR RODRIGO POTENCIANO SANTOS

DNI N° 72950004



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“ANÁLISIS ECONÓMICO DE RESULTADOS DE RENDIMIENTO
EN TESIS DE FERTILIZACIÓN EN EL PERÍODO 2013 – 2017 EN
LA UNP”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Br. EDGAR RODRIGO POTENCIANO SANTOS

APROBADO POR:

DR. CARLOS ALBERTO GRANDA WONG
JURADO

ING. MIGUEL A. GALECIO JULCA M.Sc.
JURADO

ING. VICTOR HUGO TIMANA PAZ
JURADO

PIURA - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DECANATO

**PROGRAMA DE ACTUALIZACION PARA TITULACION PROFESIONAL
DE INGENIERO AGRONOMO - VERSION XXII 2018**

"AÑO DEL DIALOGO Y DE LA RECONCILIACION NACIONAL"

ACTA DE SUSTENTACION

Siendo las nueve de la mañana del día catorce de octubre del año dos mil dieciocho; en el aula N°06 del pabellón de la Facultad de Agronomía; el Bachiller en Agronomía:

POTENCIANO SANTOS EDGAR RODRIGO

Se presentó al Acto de Sustentación del Trabajo de Investigación denominado:

**"ANALISIS ECONOMICO DE RESULTADOS DE RENDIMIENTO EN TESIS DE FERTILIZACION
EN EL PERIODO 2013-2017 EN LA UNP"**

Como requisito de aprobación del Programa de Actualización para Titulación Profesional en su Versión XXII-2018; lo cual le permite **OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO**, de acuerdo a la Art. N° 286 Reglamento General de la Universidad Nacional de Piura (Ley 13531); el mismo que fue asesorado por el Ing. Víctor Requena Sullón.

Oída la defensa de la investigación; los señores miembros del Jurado Calificador; los declaran APROBADO; siendo las 10:0 am del mismo día.

Para dar mayor fe, firma el Jurado Calificador.


DR. CARLOS ALBERTO GRANDA WONG.
JURADO


ING. MIGUEL A. GALECIO JULCA M.Sc.
JURADO


ING. VICTOR HUGO TIMANA PAZ
JURADO

DEDICATORIA

- El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.
- A mis padres Rodrigo y María Natalia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.
- A mi hermana Marilú por su constante apoyo moral a lo largo de esta etapa de mi vida.
- A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

- Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.
- Al Ing. Víctor Manuel Requena Sullón por su asesoramiento constante durante el tiempo en el que se desarrolló este trabajo de investigación.
- De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional de Piura, a toda la Facultad de Agronomía, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.
- A todos mis amigos y futuros colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: OBJETIVOS	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	3
2.1 FERTILIZACIÓN.....	3
2.1.1 Importancia de la fertilidad y fertilización de los suelos	3
2.2 FERTILIZANTES EN UNA AGRICULTURA ACTUAL PRODUCTIVA Y SOSTENIBLE.....	4
2.2.1 La aplicación racional de fertilizantes es beneficioso para el medio ambiente.....	5
2.2.2 Importante incremento mundial de los precios de las materias primas necesarias para la producción de los fertilizantes.	5
2.3 REALIDADES SOBRE LOS FERTILIZANTES	7
2.4 NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS.....	8
2.4.1 Fertilización nitrogenada.....	8
2.4.2 Fertilización Fosforada.....	9
2.4.3 Fertilización con potasio	9
2.5 ALGUNOS CULTIVOS.....	10
2.5.1 Canola (<i>Brassica napus</i> L.).....	10
2.5.2 Arroz (<i>Oryza Sativa</i> l.).....	12
CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	16
3.1 MATERIALES	16
3.1.1 Tesis I.....	16
3.1.2 Tesis II.....	17
3.2 METODOLOGÍA	18
3.2.1 Evaluación económica de la fertilización.....	18
3.2.2 Conceptos económicos.....	19
3.2.3 Determinación de la ecuación de respuesta método de los mínimos cuadrados	22

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 TESIS I.....	26
4.1.1 Determinación de la ecuación de respuesta.....	26
4.1.2 Determinación de la dosis óptima económica de fertilización.....	28
4.2 TESIS II	30
4.2.1 Variedad mallares	30
4.2.2 Variedad tinajones.....	34
CAPÍTULO V : CONCLUSIONES.....	38
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	39
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....	40
LINKOGRAFÍA	41
ANEXO	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Evolución de la incidencia de los fertilizantes y enmiendas sobre las magnitudes agrarias	6
Cuadro 2: Rendimiento en Kg/ha, variedad SW Eclipse	17
Cuadro 3: Rendimiento de arroz cascara kg/ha al 14% de humedad.....	18
Cuadro 4: Valores normales de “x” (kg N/ha).....	23
Cuadro 5: Valores codificados de “x” :	23
Cuadro 6: Valores normales de “x” (kg N/ha) - canola	26
Cuadro 7: Valores codificados de “X” - canola.....	26
Cuadro 8: Análisis económico para el cultivo de canola	28
Cuadro 9: Valores normales de “x” (kg N/ha) - Arroz Vr. Mallaes.	30
Cuadro 10: Valores codificados de “X” – Arroz Vr. Mallaes.	30
Cuadro 11: Análisis económico de la variedad mallaes	32
Cuadro 12: Valores normales de “x” (kg N/ha) - Arroz Vr. Tinajones	34
Cuadro 13: Valores codificados de “x” – Arroz Vr. Tinajones	34
Cuadro 14: Análisis económico de la variedad tinajones	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análisis económico según la ecuación de respuesta. var. Sw eclipse.....	29
Gráfico 2: Análisis económico según la ecuación de respuesta. Var. mallares	33
Gráfico 3: Análisis económico según la ecuación de respuesta. Var. tinajones.....	37

INTRODUCCIÓN

Las plantas para crecer necesitan de nutrientes, en proporciones variables para completar su ciclo de vida y para su nutrición. Se han encontrado unos 50 elementos en su estructura, pero sólo 16 han sido determinados como esenciales. Para que un suelo produzca adecuadamente un cultivo debe abastecer a la planta con nutrientes en cantidad necesaria y en un balance proporcional con los otros elementos.

En los ambientes naturales las plantas se adaptan a las condiciones de nutrientes disponibles en el suelo. En cambio, en la agricultura moderna se deben emplear técnicas de aporte de nutrientes para garantizar buenas cosechas. Estas técnicas implican un gasto económico que su cantidad depende de muchos factores, como la especie cultivada, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y el costo del fertilizante a aplicar.

La fertilización un papel muy importante en el manejo del cultivo ya que por medio de esta práctica se logra una adecuada nutrición que contribuye a que el producto final reúna las mejores características.

Un aspecto relevante en la rentabilidad de los cultivos es que los mayores rendimientos disminuyen los costos de producción por unidad de rendimiento, para ello se debe determinar la dosis ideal de fertilización que nos proporcione una relación beneficio/costo más alto.

Debido a la importancia de la fertilización y a la repercusión que ésta tiene sobre los rendimientos, calidad y los costos de producción, se han realizado muchas investigaciones con la finalidad de lograr un mejor aprovechamiento de los fertilizantes que nutren los cultivos y de esta manera disminuir costos e incrementar ganancias.

El incremento de las productividades a lo largo del tiempo en el Perú se debe en buen porcentaje a la fertilización. El conocimiento del estado nutricional de las plantas, los niveles de fertilidad del suelo, la capacidad de intercambio y otras características físico-químicas, relacionadas al manejo de la plantación.

CAPÍTULO I

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis económico de los resultados de rendimiento de las tesis consultadas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la dosis de fertilización de máximo rendimiento.
- Determinar la dosis optima económica de fertilización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 FERTILIZACIÓN

García (1996). Proceso a través del cual se preparará a la tierra añadiéndole diversas sustancias que tienen el objetivo de hacerla más fértil y útil a la hora de la siembra y la plantación de semillas.

2.1.1 Importancia de la fertilidad y fertilización de los suelos

La fertilidad de los suelos es la capacidad que tiene el suelo para suministrar nutrientes minerales esenciales, en forma, cantidad, proporción y oportunidades óptimas para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es importante debido a que determina los niveles de producción de los cultivos.

Anffe, 2008. El importante incremento de la población mundial en los últimos años viene exigiendo un constante reto a la agricultura para proporcionar un mayor número de alimentos, tanto en cantidad como en calidad. Desde el inicio del siglo XIX, la población mundial se ha incrementado un 550% , habiendo pasado de 1.000 millones a 6.500 millones en la actualidad, con unas previsiones de que se alcancen entre nueve y diez millones de habitantes en el año 2050.

Anffe, 2008. Para alcanzar el reto de poder incrementar la producción agrícola para abastecer al crecimiento de la población, únicamente existen dos factores posibles:

- Aumentar las superficies de cultivo, posibilidad cada vez más limitada sobre todo en los países desarrollados, lo que iría en detrimento de las grandes masas forestales.
- Proporcionar a los suelos fuentes de nutrientes adicionales en formas asimilables por las plantas, para incrementar los rendimientos de los cultivos.

Anffe, 2008. Esta opción es posible mediante la utilización de fertilizantes minerales, con cuya aplicación racional se ha demostrado, en los ensayos de larga duración, el gran efecto que ha tenido en el incremento de los rendimientos de las

cosechas, obteniendo a su vez productos con mayor calidad. Los fertilizantes, utilizados de forma racional, contribuyen a reducir la erosión, acelerando la cubierta vegetal del suelo y protegiéndolo de los agentes climáticos.

2.2 FERTILIZANTES EN UNA AGRICULTURA ACTUAL PRODUCTIVA Y SOSTENIBLE

El reconocimiento de la importante contribución de los fertilizantes en el incremento de las producciones agrícolas, y en consecuencia en la producción de alimentos, fibras e incluso de energía, contrasta severamente con el carácter negativo de las informaciones que se vienen vertiendo actualmente sobre la utilización de fertilizantes en las explotaciones agrarias por parte de amplios sectores de la opinión pública, e incluso desde algunas entidades públicas y privadas. Se sabe que el hombre comenzó a cultivar las tierras desde hace miles de años, pero la historia de la fertilización se inició cuando los agricultores primitivos descubrieron que determinados suelos dejaban de producir rendimientos aceptables si se cultivaban continuamente, y que al añadir estiércol o residuos vegetales se restauraba la fertilidad. El origen de la industria mundial de fertilizantes se inició a mediados del siglo XIX, periodo en el que se empezaron a comercializar diversos tipos de fertilizantes.

En definitiva, gracias a los fertilizantes se alcanzan los siguientes retos:

- Asegurar la productividad y calidad nutricional de los cultivos, ofreciendo una seguridad alimenticia e incrementando el contenido de nutrientes de las cosechas.
- Evitar la necesidad de incrementar la superficie agrícola mundial, ya que sin los fertilizantes habría que destinar millones de hectáreas adicionales a la agricultura.
- Conservar el suelo y evitar su degradación y, en definitiva, mejorar la calidad de vida del agricultor y de su entorno.
- Contribuir a la mayor producción de materia prima para la obtención de energías alternativas.

2.2.1 La aplicación racional de fertilizantes es beneficioso para el medio ambiente.

Anffe, 2008. Cuando los fertilizantes se utilizan de forma racional, principio intensamente fomentado por la industria de fertilizantes, sus efectos son favorables y esenciales para la fertilidad del suelo, para el rendimiento y calidad de las cosechas, para la salud humana, aportando los elementos esenciales al metabolismo, y el medio ambiente.

En una agricultura moderna, productiva y respetuosa en todas las condiciones medioambientales, no puede cuestionarse una aplicación adecuada de fertilizantes.

A la hora de plantear la fertilización de una explotación es necesario establecer el balance adecuado de nutrientes, analizando las necesidades de la planta, las características del suelo, los restos de la cosecha anterior, el pastoreo, las condiciones agro-climáticas, materia orgánica disponible, deposiciones atmosféricas, etc. Y todo ello para obtener como resultado una dosis óptima de fertilizante mineral que asegure una buena evolución del cultivo. Esta dosis óptima debe asegurar que la planta se nutra adecuadamente, por lo que no habría excesos ni deficiencias de nutrientes en el cultivo y, consecuentemente, se eviten pérdidas por lixiviación y escorrentía.

Los agricultores son cada vez más conscientes de la responsabilidad que tienen en realizar una gestión adecuada de sus explotaciones, viable económicamente y respetuosa con el medio ambiente, tanto en la producción de sus cultivos como en el manejo de su ganadería.

2.2.2 Importante incremento mundial de los precios de las materias primas necesarias para la producción de los fertilizantes.

Anffe, 2008. En el momento actual, se ha producido un importante encarecimiento de las materias primas esenciales en la producción de fertilizantes, especialmente del gas natural, fosfato roca, potasa, azufre, etc. Las tarifas de gas que paga la industria española se han incrementado desde el año 2005 casi un 50 por cien, y la roca fosfórica, que se adquiere principalmente del norte de África, cuesta hoy un 90 por cien por encima de las cifras pagadas por la misma roca hace escasamente un año. Los precios de la potasa en el mercado internacional están

experimentando igualmente unas subidas muy importantes. Hay que tener en cuenta que tanto el gas natural como el fosfato roca suponen más del sesenta por cien de los costes de fabricación de los abonos nitrogenados y fosfatados respectivamente.

Por otra parte, y en paralelo, los fertilizantes están experimentando un importante incremento de precio en todos los mercados mundiales debido a la fortaleza de la demanda derivada de las buenas perspectivas agrícolas mundiales y problemas coyunturales de suministro, lo que está provocando ciertas dificultades de abastecimiento.

A nivel nacional, la incidencia del precio de los fertilizantes sobre las principales macromagnitudes agrarias, y a pesar de los aumentos de precios que se han venido registrando, se ha mantenido prácticamente inalterable durante los últimos años. Los fertilizantes y enmiendas destinados directamente a la agricultura, con un valor de 1.330 millones de euros, representaron en el año 2007 el 8 por cien del valor de todos los consumos intermedios, y apenas un 3,3 por cien en relación sobre el valor total de la producción final agraria.

Cuadro 1: Evolución de la incidencia de los fertilizantes y enmiendas sobre las magnitudes agrarias

	<u>Unidad: %</u>			
	<u>2004</u>	<u>2005</u>	<u>2006</u>	<u>2007</u> (avance)
Consumos intermedios	7,9	7,5	7,7	8
Producción vegetal	4,5	4,7	5,3	5,4
Producción final agraria	2,8	2,8	3,1	3,3
Renta agraria	4,7	4,9	5,1	5,3

Los profesionales del campo deben ser conscientes del esfuerzo de los fabricantes de fertilizantes para hacer frente a esta escalada de precios que se está produciendo en el mercado internacional, y valorar la gran ventaja de poder contar con una industria española que pueda suministrar en cada momento sus necesidades, y desterrar el riesgo de una mayor dependencia de los mercados internacionales, al margen del propio compromiso de las empresas españolas con sus agricultores, principales activos de su actividad.

2.3 REALIDADES SOBRE LOS FERTILIZANTES

Anffe, 2008. De forma general, se tiende a transmitir a la sociedad, que generalmente desconoce la naturaleza de los abonos inorgánicos, la idea de que la aplicación de fertilizantes conlleva cultivos menos sanos o menos naturales y que su utilización no es necesaria. Este mito debe desecharse, en cuanto que los fertilizantes no agreden al medio ambiente ni a la salud cuando se aplican eficientemente y de forma racional.

En relación con todo lo tratado, a continuación, se enumeran diversas realidades sobre los fertilizantes inorgánicos que pueden ser de interés:

- Los fertilizantes son necesarios y gracias en parte a ellos se obtienen grandes beneficios para la producción alimenticia y la obtención de energías renovables. Sin los fertilizantes se tendrían que cultivar millones de hectáreas adicionales a nivel mundial para poder alimentar a una población en constante crecimiento.
- Los fertilizantes contienen nutrientes de origen natural, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, que provienen de la propia naturaleza y por tanto no son obtenidos por el hombre. Estos nutrientes son exactamente los mismos que los incluidos en los abonos orgánicos, pero en formas que pueden ser asimiladas por las plantas, lo que sucedería también de forma natural, pero en un periodo mayor de tiempo. El origen de los nutrientes que permiten a la planta producir alimentos de calidad es irrelevante, obteniendo las plantas los nutrientes siempre de la misma forma, independientemente del origen primario de los mismos.
- Es necesario aportar nutrientes a los cultivos en forma fácilmente asimilable y de manera equilibrada, lo que se consigue con los fertilizantes minerales propiamente dichos ya que se aportan las cantidades necesarias de nutrientes asimilables en los momentos adecuados.
- No existe ningún soporte ni evidencia científica que demuestre que la agricultura ecológica es nutricionalmente superior a la tradicional, aunque las palabras “natural” y “orgánico” así lo hagan creer a la sociedad. La realidad es que los fertilizantes permiten aportar los nutrientes necesarios a los cultivos y mejorar la calidad de las cosechas.

- El uso eficiente, racional y responsable de los fertilizantes, principio que siempre se ha fomentado desde el sector industrial, no es perjudicial para el medio ambiente, sino, por el contrario, mejora la fertilidad del suelo. Todos los excesos son malos, pero no por ello se debe cuestionar el consumo de un producto que aporta importantes ventajas a la sociedad: una intoxicación de medicamentos puede ser perjudicial para la salud, pero no por ello se cuestiona su consumo ni se fomenta prescindir de ellos.

2.4 NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS

Consiste en el suministro y absorción de elementos químicos (nutrientes esenciales) necesarios para el metabolismo y crecimiento de las especies vegetales.

Citak y Sonmez, (2010). la fertilización mineral permite una rápida disponibilidad de elementos para la planta, favoreciendo algunas variables de crecimiento y rendimiento, lo cual depende de las condiciones ambientales, debido a que este tipo de fertilización tiene una rápida mineralización y adsorción al suelo, además de una frecuencia de aplicación mayor, debido a su alta solubilidad y precipitación.

2.4.1 Fertilización nitrogenada

María, 2011. En cuanto al nitrógeno, normalmente tiene un mayor efecto en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo que cualquier otro nutriente. Pero está claro que su uso excesivo puede ser un derroche económico y dar lugar a problemas. Por tanto, a la hora de realizar la fertilización nitrogenada hay que tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

- Los requerimientos de nitrógeno por el cultivo
- La cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar al cultivo.
- Los costes de los fertilizantes y el valor esperado de la cosecha.

El nitrógeno disponible en el suelo es la cantidad de nitrógeno (Kg/ha de N) en el suelo que se encuentra disponible para la asimilación por el cultivo desde el establecimiento hasta el final de la fase de crecimiento, teniendo en cuenta las pérdidas que se pueden dar.

Según **Reyes (1990)** la importancia del nitrógeno como elemento esencial en la nutrición de las plantas, radica en:

- Alto efecto en el desarrollo foliar
- Retarda la floración y maduración de los frutos
- Está íntimamente relacionado con el color verde de las plantas.
- Regula el crecimiento de la planta
- Influye en la formación de los frutos
- Influye en el peso y volumen de la planta
- Es un componente fundamental de las proteínas, aminoácidos, clorofila, ácidos nucleicos, hormonas, vitaminas y alcaloides.
- Confiere mayor resistencia a la planta en cuanto al acame, así como a las condiciones del medio.

2.4.2 Fertilización Fosforada

El fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radicular, fecundación e inicio de la fructificación.

Pero hay que tener particular cuidado para evitar llegar a niveles elevados de fósforo en el suelo, que son innecesarios. Esto supone un coste importante y aumenta la pérdida de fósforo de los suelos, lo que puede causar la contaminación de las aguas superficiales.

2.4.3 Fertilización con potasio

Su mayor importancia está en el papel que juega como regulador fisiológico en varios procesos: permeabilidad de las membranas celulares, equilibrio ácido-básico intracelular, formación y acúmulo de sustancias de reserva, regulador del estatus hídrico de los cultivos.

2.5 ALGUNOS CULTIVOS

2.5.1 Canola (*Brassica napus* L.)

2.5.1.1 Clasificación Taxonómica

Según información de **Vera, T.**, se reporta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Plantae
División	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledopsida
Orden	: Cruciales
Familia	: Cruciferas
Género	: Brassica
Especie	: Campestris (*)
	Napus (*)
	Hirta (**)
	Negra (**)
	Juncea (**)
	Pekinesis (*)

(*) Las más usadas para la producción de aceites

(**) Las más usadas para la producción de mostaza

2.5.1.2 Morfología y Botánica

Esta especie es de germinación epigea, presentando un par de cotiledones en forma de corazón (Daniels et al., 1986, citados por **Berrios, 2000**).

En el estado de cotiledón, las plántulas utilizan principalmente para su desarrollo las reservas de aceite almacenadas en las semillas (Daniels et al., 1986, citados por **Berrios, 2000**).

El primer signo externo de germinación es la emergencia de la radícula a través de la testa, la que crece rápidamente utilizando en el inicio las reservas de los

cotiledones para luego utilizar los asimilados producidos por las hojas (Daniels et al., 1986, citados por **Berrios, 2000**).

Las plantas comienzan su crecimiento con la producción de hojas, que son de forma lanceolada y alargada de color verde grisáceo y azulado con las cuales se da lugar a la formación de rosetas (**Valetti, O. 2002**).

Las hojas miden de 20 a 30 cm. de largo y de 10 a 15 cm de ancho, siendo las inferiores de borde sinuoso, mientras que las superiores, con sus bordes casi enteros, abrazan al tallo (**Valetti, 2002**).

La especie es de ciclo anual, posee tallo erecto el que puede alcanzar más de 1.5 m de altura y su raíz principal es pivotante con presencia de numerosas raíces secundarias (**Valetti, 2002**).

Su periodo vegetativo es lento, luego del cual se forman yemas reproductivas sobre un tallo principal que comienzan a elongar. En esta etapa aparecen hojas nuevas y se puede distinguir la presencia de ramificaciones secundarias en las axilas de las ultimas hojas formadas (**Valetti, 2002**).

La floración dura de 25 a 35 días (**Valetti, 2002**), es de régimen acropétalo y comienza por el tallo floral para luego continuar por las ramificaciones secundarias (Bragachini et al., 1991, citados por **Berrios, 2000**).

Durante el proceso de la floración se abren flores de color amarillo intenso mientras que de manera simultánea se forma las silicuas. Las silicuas son de color verde oscuro y tiene una longitud de 5 a 7 cm, pudiéndose encontrar hasta 18 semillas por cada una de ellas (**Valetti, 2002**).

Las semillas son ligeramente ovoides y de 2 mm. De diámetro, presentan un color verde claro en las primeras etapas para tornarse luego de un tono más oscuro hasta llegar, en la madurez, a ser completamente negras con un matiz levemente rojizo.

2.5.1.3 Requerimientos Edafoclimáticos

El cultivo responde bien en condiciones de climas fríos (**Valetti, 2002**).

El cultivo de canola es ligeramente sensible a las heladas durante la etapa de cotiledón y plántula, pero una vez lograda la roseta es capaz de soportar muy bajas temperaturas por lo que generalmente las heladas tardías no son causantes de daños significativos (**Valetti, 2002**).

Esta especie es, en términos relativos, tolerante a las sequías prolongadas dado que posee una alta tasa de recuperación a la falta de humedad (**Valetti, 2002**).

El cultivo de canola presenta buena adaptabilidad a los distintos tipos de suelos, aunque prefiere los francos de buena fertilidad y permeabilidad (**Cerón, 1993**).

2.5.1.4 Características de la variedad de canola estudiadas

Aguilar, 2007. La define de la siguiente forma.

SW Eclipse

Es una variedad primaveral con un ciclo intermedio de 183 días, porcentaje de aceite de 47%, gran vigor de plántula y rapidez de implantación, ideal para siembra directa, tolerante al estrés hídrico, posee gran uniformidad de maduración, exigente a altas dosis de fertilización y a suelos con buena fertilidad.

2.5.2 Arroz (*Oryza Sativa* L.)

2.5.2.1 Clasificación Taxonómica

Según Zúñiga (2002), el cultivo de arroz presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Plantae
División	:	Angiospermae
Clase	:	Monocotiledoneas
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae

Tribu	:	Oryzeae
Género	:	Oryza
Especie	:	Oryza Sativa L.

2.5.2.2 Morfología y Botánica

Según **Gonzales (1982)**, es una planta anual, adaptada para desarrollar bajo condiciones semi-acuáticas y acuáticas, con un sistema radicular bastante ramificado y superficial. Los tallos cilíndricos y huecos formados por una serie de nudos y entrenudos que varían en número y tamaño según los cultivares. Las hojas son largas, más o menos angostas, compuestas por vaina, limbo y cuello, donde se insertan la lígula y las aurículas. La panoja es una inflorescencia constituida por flores hermafroditas, unifloras, compuestas por seis estambres y un ovario bífido y plumoso que se envuelve a un solo ovulo. El fruto es una cariósipide envuelto por las glumas (lemma y palea) y la semilla propiamente dicha está constituida por el endospermo y el embrión.

2.5.2.3 Requerimientos Edafoclimáticos

De Datta (1987), **Hernández (1984)**, sostienen que los factores climáticos que más influyen en la producción arroceras son la temperatura, la radiación solar y el agua, puesto que afectan directamente los procesos fisiológicos incluyendo la producción en grano e indirectamente por la presencia de plagas y enfermedades. Los requerimientos térmicos del arroz varían de acuerdo a la etapa de desarrollo de la planta; sin embargo, la temperatura mínima para el cultivo oscila entre 20 °C, con una media de 28 - 32 °C. y una máxima de 35 °C. Así mismo, una temperatura menor de 20 °C., diurna o nocturna ocasiona esterilidad de las espiguillas y, temperatura mayor de 35°C, en la época de floración ocasiona esterilidad de los granos. Los suelos requeridos por el cultivo de arroz deben ser lo más planos posibles y en especial suelos pesados, arcillosos, retentivos, con buen drenaje y un pH, entre 6.5 y 8.5.

2.5.2.4 Características de las variedades de arroz estudiadas

De Datta (1987), Hernández (1984), sostienen que los factores climáticos que más influyen en la producción arroceras son la temperatura, la radiación solar y el agua, puesto que afectan directamente los procesos fisiológicos incluyendo la producción en grano e indirectamente por la presencia de plagas y enfermedades. Los requerimientos térmicos del arroz varían de acuerdo a la etapa de desarrollo de la planta; sin embargo, la temperatura mínima para el cultivo oscila entre 20°C, con una media de 28 – 32°C. y una máxima de 35°C. Así mismo, una temperatura menor de 20°C, diurna o nocturna ocasiona esterilidad de las espiguillas y, temperatura mayor de 35°C, en la época de floración ocasiona esterilidad de los granos. Los suelos requeridos por el cultivo de arroz deben ser lo más planos posibles y en especial suelos pesados, arcillosos, retentivos, con buen drenaje y un pH, entre 6.5 y 8.5.

2.5.2.4.1 Variedad Mallares

Hacienda el potrero S.A.C (2013) señala que la variedad mallares es una variedad de alto rendimiento, de excelente calidad molinera y culinaria, cuyas principales características son:

- Origen : Perú
- Altura de planta : 97-106 cm
- Periodo vegetativo : 148 días
- Punto de algodón : 80-85 días
- Longitud de panoja : 23-25 cm
- Forma de grano : Largo a medio
- Peso de 1000 gramos : 30.11 gramos
- Resistencia al desgrane : Moderado
- Tamaño de grano : Largo 10.85 mm, y ancho 2.57 mm
- Rendimiento de pila : 72%
- Grano entero : 58%
- Grano quebrado : 14%
- Apariencia grano ´pilado : semi transparente
- Rendimiento potencial : 10-12 tm/ha
- Sistema de siembra : Directo y transplante

2.5.2.4.2 Variedad Tinajones

INIA (2007), señala las siguientes características

- Origen : Perú
- Altura de planta : 100-110 cm
- Periodo vegetativo : 140-145 días
- Punto de algodón : 80-85 días
- Longitud de panoja : 22 cm
- Forma de grano : Largo a medio
- Peso de 1000 granos : 28 gramos
- Resistencia al desgrane : Moderado
- Tamaño de grano : Largo 9.82 mm, y ancho 2.82 mm.
- Rendimiento de pila : 74%
- Grano entero : 65%
- Grano quebrado : 9%
- Desgrane : Resistente
- Apariencia grano `pilado : Semi transparente
- Rendimiento potencial : 9-10 tm/ha
- Adaptación : Valle de la costa
- Reacción al quemado : Resistente
- Reacción a la mosquilla : Moderadamente resistente
- Reacción a sogata : Resistente
- Reacción a la sequía : Medianamente resistente

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1 MATERIALES

Datos de tesis consultadas

3.1.1 Tesis I

“EFECTO DE CUATRO FORMULAS DE ABONAMIENTO EN TRES VARIEDADES DE CANOLA (*Brassica napus* L.) EN LA PROVINCIA DE HUANCABAMBA, PIURA”

Fertilizantes usados:

- Urea, con 46% de contenido de nitrógeno (N).
- Fosfato diamonico, el cual contiene 18% nitrógeno (N) y 46% de fosforo (P).
- Cloruro de Potasio, con un 60% de K₂O.

Dosis de fertilizantes usados:

- Nitrógeno: 60, 120 y 180 Kg N/ha, en forma de urea.
- Fosforo: 50 Kg P₂O₅/ha, de fosfato di amónico.
- Potasio: 80 Kg. K₂O/ha, de cloruro de potasio.

Precios de los fertilizantes:

- Urea: S/. 1.10 / Kg,
- Fosfato di amónico: S/. 1.56/ Kg
- Cloruro de potasio: S/. 2.34 / Kg

Cuadro 2: Rendimiento en Kg/ha, variedad SW Eclipse

Formula de abonamiento	Variedad	Rendimiento (Kg/ha)
00-00-00	SW ECLIPSE	547
60-50-80	SW ECLIPSE	1121
120-50-80	SW ECLIPSE	1667
180-50-80	SW ECLIPSE	1656

- Precio del kilo gramo de canola: S/. 2.00

3.1.2 Tesis II

“EFECTO DE DOSIS CRECIENTES DE NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN SIEMBRA POR TRASPLANTE”

3.1.2.1 Localización: El trabajo de investigación se realizó en el Valle de San Lorenzo.

3.1.2.2 Ubicación Política.

Departamento : Piura
Provincia : Piura
Distrito : Tambo Grande
Valle : San Lorenzo
Sector : Cruceta

3.1.2.3 Ubicación Geográfica.

Latitud : 04°53'00'' Sur
Longitud : 80°14'00'' Oeste
Altitud : 147 m.s.n.m.

Fertilizantes usados:

- Nitrógeno: 0, 70, 140, 210, 280; en forma de Urea (46%N)

Precios de los fertilizantes:

- Urea: S/. 3.47 / Kg

Cuadro 3: Rendimiento de arroz cascara kg/ha al 14% de humedad

Nitrógeno (Kg/ha)	Variedades	
	Mallares	Tinajones
0	3900	3162
70	7649	6421
140	9671	8839
210	11532	10785
280	10584	10041

- Precio del Kg de arroz: S/. 1.00

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Evaluación económica de la fertilización

En la experimentación con fertilizantes generalmente se trabaja con el único objetivo de determinar las diferencias significativas entre los efectos principales y las interacciones de los elementos probados. Sin embargo, se considera de mucha importancia conducir **análisis económicos** de los resultados obtenidos de manera que pueda generarse información acerca de la dosis de nutrientes económicamente óptimas. La determinación de estas dosis, implica tanto la utilización de conceptos económicos, entre ellos función de producción, productos marginales, tasas marginales, isocuantas, etc., como la aplicación de la metodología estadística, particularmente el uso de diseños de tratamientos para obtención de la función o ecuación de producción y las respectivas pruebas de hipótesis.

En la presente clase, como parte de un Programa de Trabajo relacionado con el uso de fertilizantes en diferentes cultivos, se presenta y explica los conceptos fundamentales para realizar un análisis económico.

3.2.2 Conceptos económicos

El análisis económico del uso de fertilizantes se basa en los siguientes conceptos fundamentales:

3.2.2.1 Función de Producción

Para determinar exactamente el nivel a partir del cual la dosis de abonamiento deja de ser rentable los economistas utilizan las **funciones de producción**, que son una representación gráfica continua que se calcula a partir de algunos puntos medios de las experiencias. Este recurso se emplea cada vez más en la investigación y experimentación.

Las funciones de producción son parábolas por que los incrementos de los rendimientos de un cultivo son cada vez menores conforme se incrementan los niveles de un determinado nutriente (Ley de Mitscherlich). Con ellas se puede determinar con exactitud la dosis óptima (a partir de la primera derivada de la función).

En general, el rendimiento de un cultivo depende de una serie “**n**” de factores, los cuales pueden clasificarse como **controlables** por el hombre como los fertilizantes y **no controlables** por el hombre como la temperatura.

Tal dependencia puede expresarse de la siguiente manera:

$$Y = f (X_1, X_2, X_3, \dots X_n)$$

Donde:

Y = Rendimiento

$X_1, X_2, X_3, \dots X_n$ = Factores que influyen en el rendimiento.

Es lógico que cuando se desea estudiar la relación existente entre el **rendimiento** y **algunos factores**, es necesario **mantener constantes todas aquellas variables controlables** por el hombre, con **excepción** de las que están **sometidas a estudio** y por supuesto, siempre estarán presentes los que no se

pueden someter a control. Por ejemplo, si se quiere estudiar el efecto del N, P y K sobre la producción de arroz se tendrá la siguiente expresión:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3/X_4, \dots, X_n) + \varepsilon$$

Donde: Y = Rendimiento de Maíz, kg/ha

X_1 = kg/ha de N

X_2 = kg/ha de P_2O_5

X_3 = kg/ha de K_2O

X_4, \dots, X_n = Variables independientes controlables y mantenidas constantes

ε = Representa el efecto de las variables incontrolables.

Estas expresiones son las que se denominan **Funciones de Producción**.

Las **Funciones de Producción** se representan matemáticamente de diversas formas las cuales permiten determinar cómo varían las variables dependientes al producirse una variación en la variable independiente. Para el caso de fertilizantes, se determinará cómo aumenta o disminuye el rendimiento al aumentar o disminuir la cantidad aplicada de fertilizantes.

En fertilización, las ecuaciones polinómicas más utilizadas son las ecuaciones cuadráticas, que para el caso de un solo nutriente es de la forma:

$$Y = a + bx + cx^2$$

Para el caso de más de un solo nutriente, la ecuación cuadrática es de la forma:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_{11}X_1^2 + b_2X_2 + b_{22}X_2^2 + b_3X_3 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + \varepsilon$$

3.2.2.2 Nivel que maximiza la producción

El nivel que **maximiza la producción** es aquel que origina el **rendimiento máximo**, normalmente en curvas parabólicas, se determina a partir de la **primera derivada e igualada a cero**.

$$Y = a + bx + cx^2$$

$$\text{Primera derivada: } b + 2cx = 0$$

$$x = -b/2c$$

3.2.2.3 Nivel óptimo de fertilización

El nivel óptimo de fertilización se refiere al nivel de cualquier mezcla o razón de nutrientes que provoque los mayores beneficios. Este nivel se obtiene cuando se cumple la siguiente condición:

$$\frac{\Delta Y}{\Delta F} = \frac{P_f}{P_Y}$$

Donde:

ΔY = Incremento del rendimiento

ΔF = Incremento del fertilizante

P_f = Precio por unidad de nutriente (del fertilizante)

P_Y = Precio por unidad del producto cosechado

El valor P_f que se refiere al precio unitario del fertilizante, se le puede sumar el Costo de Aplicación, incluyendo mano de obra, implementos usados, etc.

El término $\Delta Y/\Delta F$, es la pendiente de una curva (Producto Marginal), que representa la relación fertilizante/rendimiento, es decir la razón de transformación o Producto Marginal del fertilizante. Por tanto, el nivel óptimo de fertilización se obtiene cuando el **PRODUCTO MARGINAL**, es igual a la razón inversa de precio del nutriente y del producto cosechado.

$$b + 2cx = 0 \quad (\text{Máximo Rendimiento})$$

$$b + 2cx = Pf/PY \quad (\text{Optimo económico})$$

La dosis óptima económica se calcula según la fórmula:

$$X \text{ óptima} = \frac{(Pf/PY) - b}{2c}$$

3.2.3 Determinación de la ecuación de respuesta método de los mínimos cuadrados

Para la curva de REGRESIÓN PARABÓLICA:

$$Y = a + bX + cX^2$$

Las ecuaciones normales son:

$$(1) \quad \sum y = na + b\sum x + c\sum x^2$$

$$(2) \quad \sum xy = a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3$$

$$(3) \quad \sum x^2y = a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4$$

EJEMPLO. - Ensayo en maíz se probaron cinco niveles de nitrógeno: 100 – 120 - 140 – 160 – 180 kg N/ha (n=5). Los rendimientos de campo obtenidos fueron: 3450; 4200; 5890; 5980 y 5400 kg/ha de maíz grano. En el Cuadro 01 se han colocado los valores de los cinco niveles de nitrógeno y resultan las siguientes sumatorias:

Cuadro 4: Valores normales de “x” (kg N/ha)

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y	Y ²
100	3450	345000	10000	1000000	100000000	34500000	11902500
120	4200	504000	14400	1728000	207360000	60480000	17640000
140	5890	824600	19600	2744000	384160000	115444000	34692100
160	5980	956800	25600	4096000	655360000	153088000	35760400
180	5400	972000	32400	5832000	1049760000	174960000	29160000
700	24920	3602400	102000	15400000	2396640000	538472000	129155000
$\sum x$	$\sum y$	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum x^3$	$\sum x^4$	$\sum x^2y$	$\sum y^2$

Al reemplazar el valor de las sumatorias en las ecuaciones normales obtendríamos un sistema complejo de ecuaciones simultáneas con tres incógnitas: a, b y c:

$$(1) \quad 24920 = 5a + 700b + 102000c$$

$$(2) \quad 3602400 = 700a + 102000b + 15400000c$$

$$(3) \quad 538472000 = 102000a + 15400000b + 2396640000c$$

Pero, si los valores de “x” los CODIFICAMOS (Cuadro 02) con el fin de que la “Ex” y “Ex³” se hagan iguales a CERO, al reemplazar en las ecuaciones normales se tiene:

Cuadro 5: Valores codificados de “x” :

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y
-2	3450	-6900	4	-8	16	13800
-1	4200	-4200	1	-1	1	4200
0	5890	0	0	0	0	0
1	5980	5980	1	1	1	5980
2	5400	10800	4	8	16	21600
0	24920	5680	10	0	34	45580
$\sum x$	$\sum y$	$\sum xy$	$\sum x^2$	$\sum x^3$	$\sum x^4$	$\sum x^2y$

En las ecuaciones normales desaparecen los valores de “Ex” y “Ex³” reduciéndose las ecuaciones a lo siguiente:

$$(1) \quad \sum y = na + c\sum x^2$$

$$(2) \quad \sum xy = b\sum x^2$$

$$(3) \quad \sum x^2y = a\sum x^2 + c\sum x^4$$

Reemplazando se obtiene:

$$(1) \quad 24920 = 5 \alpha + 10 \chi$$

$$(2) \quad 5680 = 10 \beta$$

$$(3) \quad 45580 = 10 \alpha + 34 \chi$$

De la ecuación (2) podemos obtener el valor de β que es:

$$\mathbf{\beta = 568}$$

De la ecuación (1) y (3) se obtiene el sistema de ecuaciones simultáneas siguiente:

$$(1) \quad 24920 = 5 a + 10 c$$

$$(3) \quad 45580 = 10 a + 34 c$$

Resolviendo el sistema se tiene:

$$\begin{array}{rcl} -2(24920 = 5 a + 10 c) & \dots\dots\dots & -49840 = -10 a - 20 c \\ 1(45580 = 10 a + 34 c) & \dots\dots\dots & 45580 = 10 a + 34 c \\ \hline & & 14 c = -4260 \\ & & \mathbf{c = -304.28571} \end{array}$$

Remplazando en (1):

$$24920 = 5 a + 10(-304.28571) \dots\dots\dots a = 27962.8571/5$$

$$\mathbf{a = 5592.5714}$$

Resultando una ecuación de respuesta:

(*)

$$\mathbf{Y = 5592.5714 + 568x - 304.28571x^2}$$

Esta ecuación (*) funciona con los valores **codificados de “x”**. Para que funcione con los valores de “x” reales, hay que descodificar reemplazando “x” por: $(x - p)/d$, donde **x** es el valor de la dosis del nutriente en estudio, **p** es el valor de la dosis media, en nuestro ejemplo: **140 kg N/ha**, **d** el intervalo que corresponde a cada unidad codificada, en nuestro ejemplo: **20 kg N/ha**, lo que nos da: $(x - 140)/20$

$$Y = 5592.5714 + [568(x - 140)/20] - [304.28571\{(x - 140)/20\}^2]$$

Resolviendo obtenemos:

(**)

$Y = -13293.4289 + 241.4x - 0.7607143x^2$

Que es la ecuación final de respuesta utilizando dosis reales de nutriente.

Verificamos ambas ecuaciones para la dosis de **140 kg N/ha**

Con la ecuación (*) tendríamos que trabajar con el valor codificado para 140 kg N/ha (**valor codificado = 0**) obteniendo un rendimiento esperado de **5592.6 kg/ha**.

Con la ecuación (**) se reemplaza el valor de **x** por **140** y obtendremos un rendimiento esperado de **5592.6 kg/ha**.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TESIS I

4.1.1 Determinación de la ecuación de respuesta

MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

Cuadro 6: Valores normales de “x” (kg N/ha) - canola

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y	Y ²
0	547	0	0	0	0	0	299209
60	1121	67260	3600	216000	12960000	4035600	1256641
120	1667	200040	14400	1728000	207360000	24004800	2778889
180	1656	298080	32400	5832000	1049760000	53654400	2742336
Σ	360	4991	565380	50400	7776000	1270080000	81694800

Fuente: Elaboración propia.

Al reemplazar el valor de las sumatorias en las ecuaciones normales obtendríamos un sistema complejo de ecuaciones simultáneas con tres incógnitas: a, b y c:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad 4991 &= 4a + 360b + 50400c \\
 (2) \quad 565380 &= 360a + 50400b + 7776000c \\
 (3) \quad 81694800 &= 50400a + 7776000b + 1270080000c
 \end{aligned}$$

Cuadro 7: Valores codificados de “X” - canola

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y
-3	547	-1641	9	-27	81	4923
-1	1121	-1121	1	-1	1	1121
1	1667	1667	1	1	1	1667
3	1656	4968	9	27	81	14904
Σ	0	4991	3873	20	0	22615

Fuente: Elaboración propia.

En las ecuaciones normales desaparecen los valores de “ $\sum X$ ” y “ $\sum X^3$ ” reduciéndose las ecuaciones a lo siguiente:

$$\begin{array}{rclcl} (1) & 4991 & = & 4 & a + 10 & c \\ (2) & 3873 & = & 20 & b & \\ (3) & 22615 & = & 20 & a + 164 & c \end{array}$$

Resolviendo las ecuaciones se obtiene:

$$b = 193.65$$

$$c = -36.5625$$

$$a = 1430.563$$

Resultando una ecuación de respuesta:

(*)

$$Y = 1430.563 + 193.65X - 36.563X^2$$

Esta ecuación (*) funciona con los valores **codificados de “x”**. Para que funcione con los valores de “x” reales, hay que descodificar reemplazando “x” por: **(x – p)/d**, donde **x** es el valor de la dosis del nutriente en estudio, **p** es el valor de la dosis media, en nuestro caso: **90 kg N/ha**, **d** el intervalo que corresponde a cada unidad codificada, en nuestro ejemplo: **30 kg N/ha**, lo que nos dá: **(x – 90)/30**.

$$Y = 1430.563 + [193.65(X-90)/30] - [36.563\{(X-90)/30\}^2]$$

Resolviendo obtenemos:

(**)

$$Y = 520.55 + 13.7675X - 0.040625X^2$$

Que es la ecuación final de respuesta utilizando dosis reales de nutriente.

Verificamos ambas ecuaciones para la dosis de **90 kg N/ha**

Con la ecuación (*) tendríamos que trabajar con el valor codificado para 140 kg N/ha (**valor codificado = 0**) obteniendo un rendimiento esperado de **1430.563 kg/ha**

Con la ecuación (**) se reemplaza el valor de **x** por **90** y obtendremos un rendimiento esperado de **1430.563 kg/ha**.

4.1.2 Determinación de la dosis óptima económica de fertilización

$$Y=520.55+13.7675X-0.040625X^2$$

Máximo = 169.446

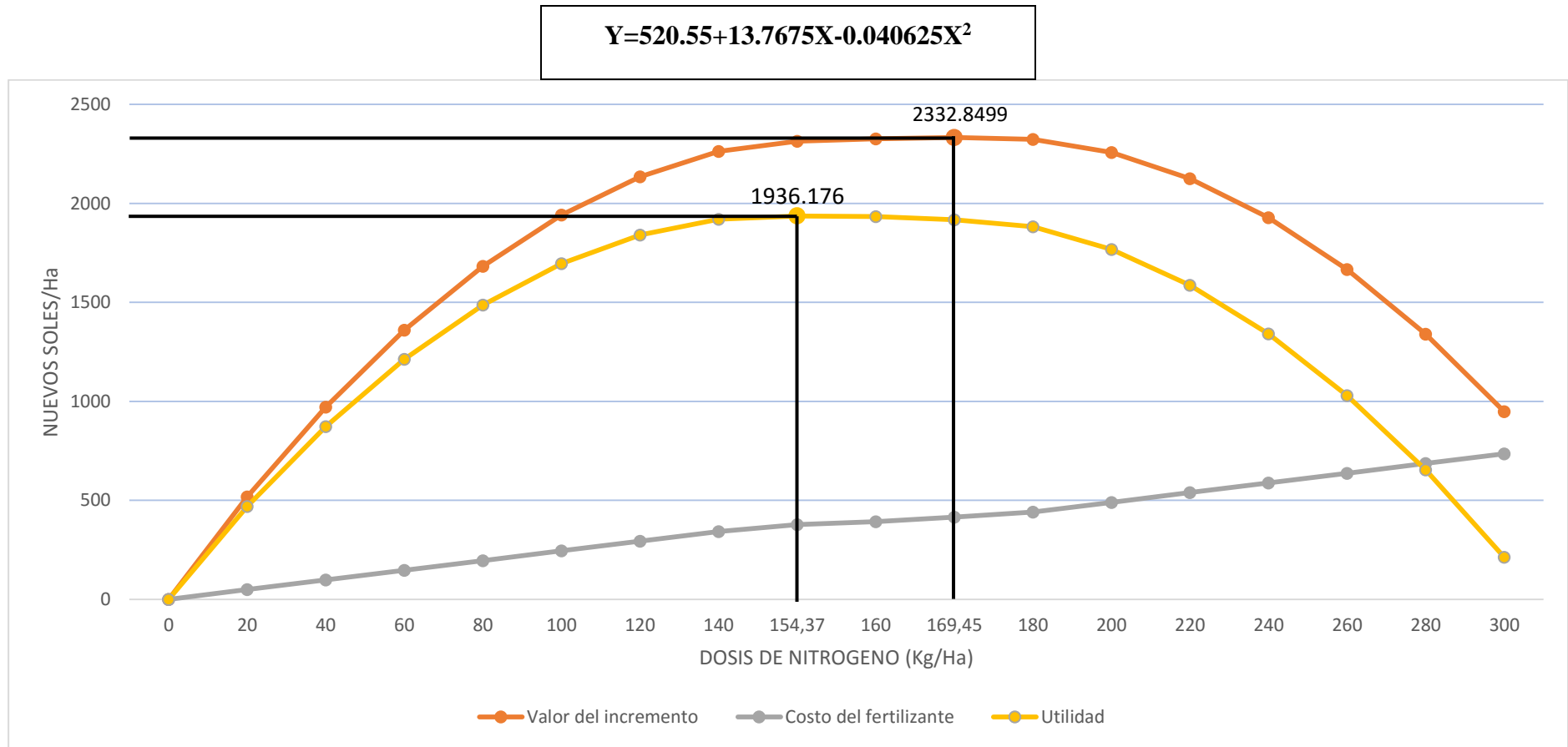
Optimo = 154.369

Cuadro 8: *Análisis económico para el cultivo de canola*

ANÁLISIS ECONOMICO				
DOSIS N (Kg/ha)	Rendimiento Kg/ha	Valor del incremento soles/ha	Costo del fertilizante soles/ha	Utilidad soles/ha
0	520.550	0.000	0.00	0.000
20	779.650	518.200	49.00	469.200
40	1006.250	971.400	98.00	873.400
60	1200.350	1359.600	147.00	1212.600
80	1361.950	1682.800	196.00	1486.800
100	1491.050	1941.000	245.00	1696.000
120	1587.650	2134.200	294.00	1840.200
140	1651.750	2262.400	343.00	1919.400
160	1683.350	2325.600	392.00	1933.600
180	1682.450	2323.800	441.00	1882.800
200	1649.050	2257.000	490.00	1767.000
220	1583.150	2125.200	539.00	1586.200
240	1484.750	1928.400	588.00	1340.400
260	1353.850	1666.600	637.00	1029.600
280	1190.450	1339.800	686.00	653.800
300	994.550	948.000	735.00	213.000
Max	169.45	1686.975	2332.850	415.14
Opt	154.37	1677.740	2314.381	378.20

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1: Análisis económico según la ecuación de respuesta. var. Sw eclipse



Fuente: Elaboración propia.

4.2 TESIS II

4.2.1 Variedad mallares

4.2.1.1 Determinación de la ecuación de respuesta

MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

Cuadro 9: Valores normales de “x” (kg N/ha) - Arroz Vr. Mallares.

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y	Y ²
0	3900	0	0	0	0	0	15210000
70	7649	535430	4900	343000	24010000	37480100	58507201
140	9671	1353940	19600	2744000	384160000	189551600	93528241
210	11532	2421720	44100	9261000	1944810000	508561200	132987024
280	10584	2963520	78400	21952000	6146560000	829785600	112021056
Σ	700	43336	7274610	147000	34300000	8499540000	1565378500

Fuente: Elaboración propia.

Al reemplazar el valor de las sumatorias en las ecuaciones normales obtendríamos un sistema complejo de ecuaciones simultáneas con tres incógnitas: a, b y c:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & 43336 = 5a + 700b + 147000c \\
 (2) \quad & 7274610 = 700a + 147000b + 34300000c \\
 (3) \quad & 1565378500 = 147000a + 34300000b + 8499540000c
 \end{aligned}$$

Cuadro 10: Valores codificados de “X” – Arroz Vr. Mallares.

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y
-2	3900	-7800	4	-8	16	15600
-1	7649	-7649	1	-1	1	7649
0	9671	0	0	0	0	0
1	11532	11532	1	1	1	11532
2	10584	21168	4	8	16	42336
Σ	0	43336	17251	10	34	77117

Fuente: Elaboración propia.

En las ecuaciones normales desaparecen los valores de “ $\sum X$ ” y “ $\sum X^3$ ” reduciéndose las ecuaciones a lo siguiente:

$$\begin{array}{llll} (1) & 43336 & = & 5 \text{ a} + 10 \text{ c} \\ (2) & 17251 & = & 10 \text{ b} \\ (3) & 77117 & = & 10 \text{ a} + 34 \text{ c} \end{array}$$

Resolviendo las ecuaciones se obtiene:

$$b = 1725.1$$

$$c = -682.5$$

$$a = 10032.2$$

Resultando una ecuación de respuesta:

$$(*) \quad Y = 10032.20 + 1725.1X - 682.5X^2$$

Esta ecuación (*) funciona con los valores **codificados de “x”**. Para que funcione con los valores de “x” reales, hay que descodificar reemplazando “x” por: $(x - p)/d$, donde **x** es el valor de la dosis del nutriente en estudio, **p** es el valor de la dosis media, en nuestro caso: **140 kg N/ha**, **d** el intervalo que corresponde a cada unidad codificada, en nuestro ejemplo: **70 kg N/ha**, lo que nos dá: $(x - 140)/70$.

$$Y = 10032.20 + [1725.1 (X - 140)/70] - [682.50 \{ (X - 140)/70 \}^2]$$

Resolviendo obtenemos:

$$(**) \quad Y = 3852.0 + 63.6442857X - 0.1392857X^2$$

Que es la ecuación final de respuesta utilizando dosis reales de nutriente.

Verificamos ambas ecuaciones para la dosis de **140 kg N/ha**

Con la ecuación (*) tendríamos que trabajar con el valor codificado para 140 kg N/ha (**valor codificado = 0**) obteniendo un rendimiento esperado de **10032.2 kg/ha**

Con la ecuación (**) se reemplaza el valor de **x** por **140** y obtendremos un rendimiento esperado de **10032.2 kg/ha**.

4.2.1.2 Determinación de la dosis óptima económica de fertilización

$$Y=3852.0+63.6442857X-0.1392857X^2$$

Máximo = 228.47

Optimo = 216.01

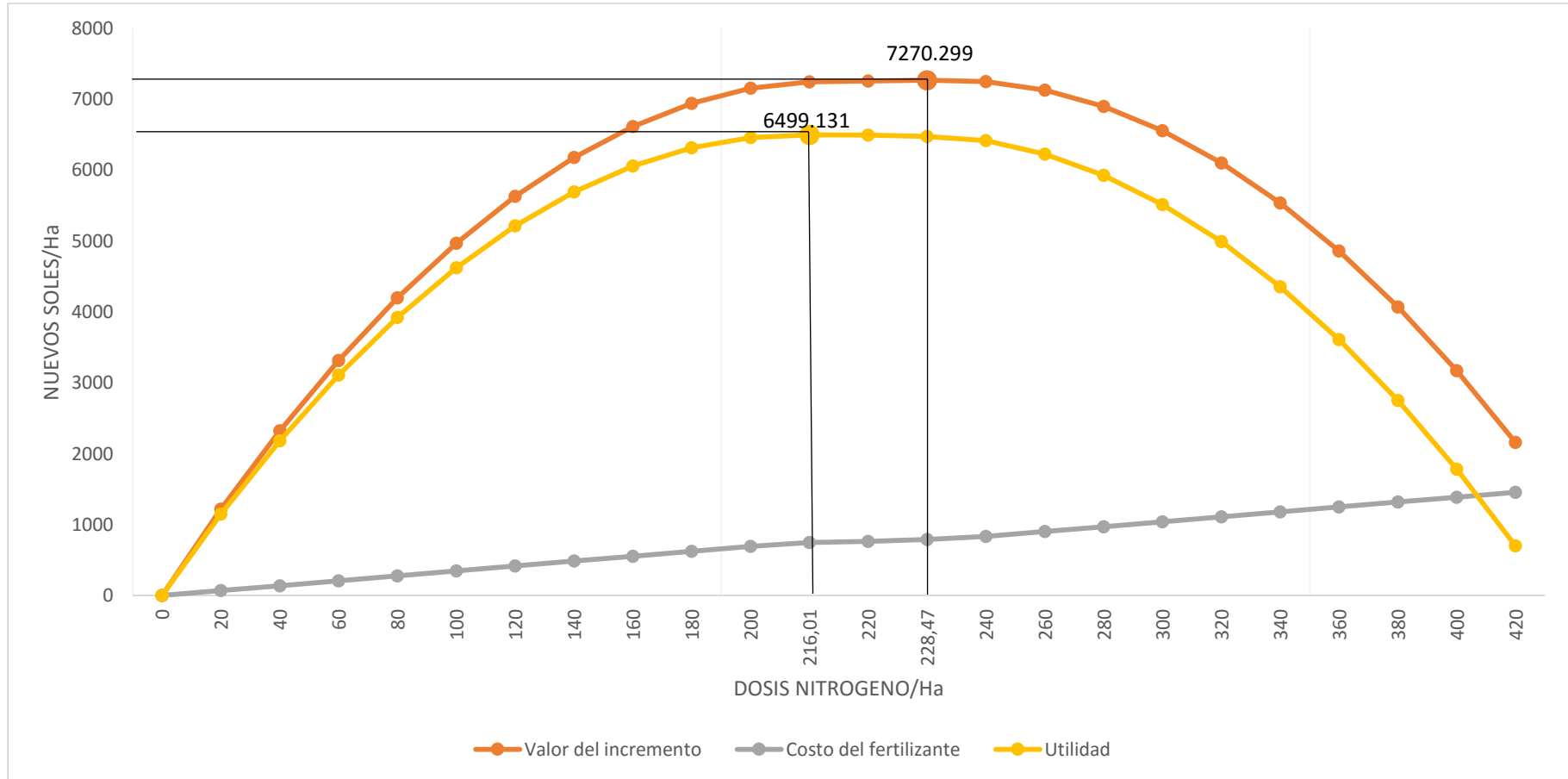
Cuadro 11: Análisis económico de la variedad mallares

DOSIS N (Kg/ha)	Rendimiento Kg/ha	Valor del incremento soles/ha	Costo del fertilizante soles/ha	Utilidad soles/ha
0	3852.000	0.000	0.00	0.000
20	5069.171	1217.171	69.40	1147.771
40	6174.914	2322.914	138.80	2184.114
60	7169.229	3317.229	208.20	3109.029
80	8052.114	4200.114	277.60	3922.514
100	8823.571	4971.571	347.00	4624.571
120	9483.600	5631.600	416.40	5215.200
140	10032.200	6180.200	485.80	5694.400
160	10469.371	6617.371	555.20	6062.171
180	10795.114	6943.114	624.60	6318.514
200	11009.429	7157.429	694.00	6463.429
220	11112.314	7260.314	763.40	6496.914
240	11103.771	7251.771	832.80	6418.971
260	10983.800	7131.800	902.20	6229.600
280	10752.400	6900.400	971.60	5928.800
300	10409.571	6557.571	1041.00	5516.571
320	9955.314	6103.314	1110.40	4992.914
340	9389.629	5537.629	1179.80	4357.829
360	8712.514	4860.514	1249.20	3611.314
380	7923.971	4071.971	1318.60	2753.371
400	7024.000	3172.000	1388.00	1784.000
420	6012.600	2160.600	1457.40	703.200
MAX	228.47	11122.299	7270.299	6477.520
OPT	216.01	11100.687	7248.687	6499.131

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2: Análisis económico según la ecuación de respuesta. Var. mallares

$$Y=3852.0+63.6442857X-0.1392857X^2$$



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Variedad tinajones

4.2.2.1 Determinación de la ecuación de respuesta

MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

Cuadro 12: Valores normales de “x” (kg N/ha) - Arroz Vr. Tinajones

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y	Y ²
0	3162	0	0	0	0	0	9998244
70	6421	449470	4900	343000	24010000	31462900	41229241
140	8839	1237460	19600	2744000	384160000	173244400	78127921
210	10785	2264850	44100	9261000	1944810000	475618500	116316225
280	10041	2811480	78400	21952000	6146560000	787214400	100821681
Σ 700	39248	6763260	147000	34300000	8499540000	1467540200	346493312

Fuente: Elaboración propia.

Al reemplazar el valor de las sumatorias en las ecuaciones normales obtendríamos un sistema complejo de ecuaciones simultáneas con tres incógnitas: a, b y c:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad 39248 &= 5a + 700b + 147000c \\
 (2) \quad 6763260 &= 700a + 147000b + 34300000c \\
 (3) \quad 1467540200 &= 147000a + 34300000b + 8499540000c
 \end{aligned}$$

Cuadro 13: Valores codificados de “x” – Arroz Vr. Tinajones

X	Y	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y
-2	3162	-6324	4	-8	16	12648
-1	6421	-6421	1	-1	1	6421
0	8839	0	0	0	0	0
1	10785	10785	1	1	1	10785
2	10041	20082	4	8	16	40164
Σ 0	39248	18122	10	0	34	70018

Fuente: Elaboración propia.

En las ecuaciones normales desaparecen los valores de “ $\sum x$ ” y “ $\sum x^3$ ” reduciéndose las ecuaciones a lo siguiente:

$$\begin{array}{llll} (1) & 39248 & = & 5 \text{ a} + 10 \text{ c} \\ (2) & 18122 & = & 10 \text{ b} \\ (3) & 70018 & = & 10 \text{ a} + 34 \text{ c} \end{array}$$

Resolviendo las ecuaciones se obtiene:

$$b = 1812.2$$

$$c = -605.57$$

$$a = 9060.743$$

Resultando una ecuación de respuesta:

$$(*) \quad \boxed{Y = 9060.74 + 1812.200X - 605.571X^2}$$

Esta ecuación (*) funciona con los valores **codificados de “x”**. Para que funcione con los valores de “x” reales, hay que descodificar reemplazando “x” por: **(x – p)/d**, donde **x** es el valor de la dosis del nutriente en estudio, **p** es el valor de la dosis media, en nuestro caso: **140 kg N/ha**, **d** el intervalo que corresponde a cada unidad codificada, en nuestro ejemplo: **70 kg N/ha**, lo que nos dá: **(x – 140)/70**

$$Y = 9060.743 + [1812.2 (X-140)/70] - [605.57143 \{ (X-140)/70 \}^2]$$

Resolviendo obtenemos:

$$(**) \quad \boxed{Y = 3014.057 + 60.4926531X - 0.1235860X^2}$$

Que es la ecuación final de respuesta utilizando dosis reales de nutriente.

Verificamos ambas ecuaciones para la dosis de **140 kg N/ha**

Con la ecuación (*) tendríamos que trabajar con el valor codificado para 140 kg N/ha (**valor codificado = 0**) obteniendo un rendimiento esperado de **9060.743 kg/ha**

Con la ecuación (**) se reemplaza el valor de **x** por **140** y obtendremos un rendimiento esperado de **9060.743 kg/ha**.

4.2.2.2 Determinación de la dosis óptima económica de fertilización

$$Y=3014.057+60.4926531X-0.1235860X^2$$

Máxima = 244.739

Optima = 230.700

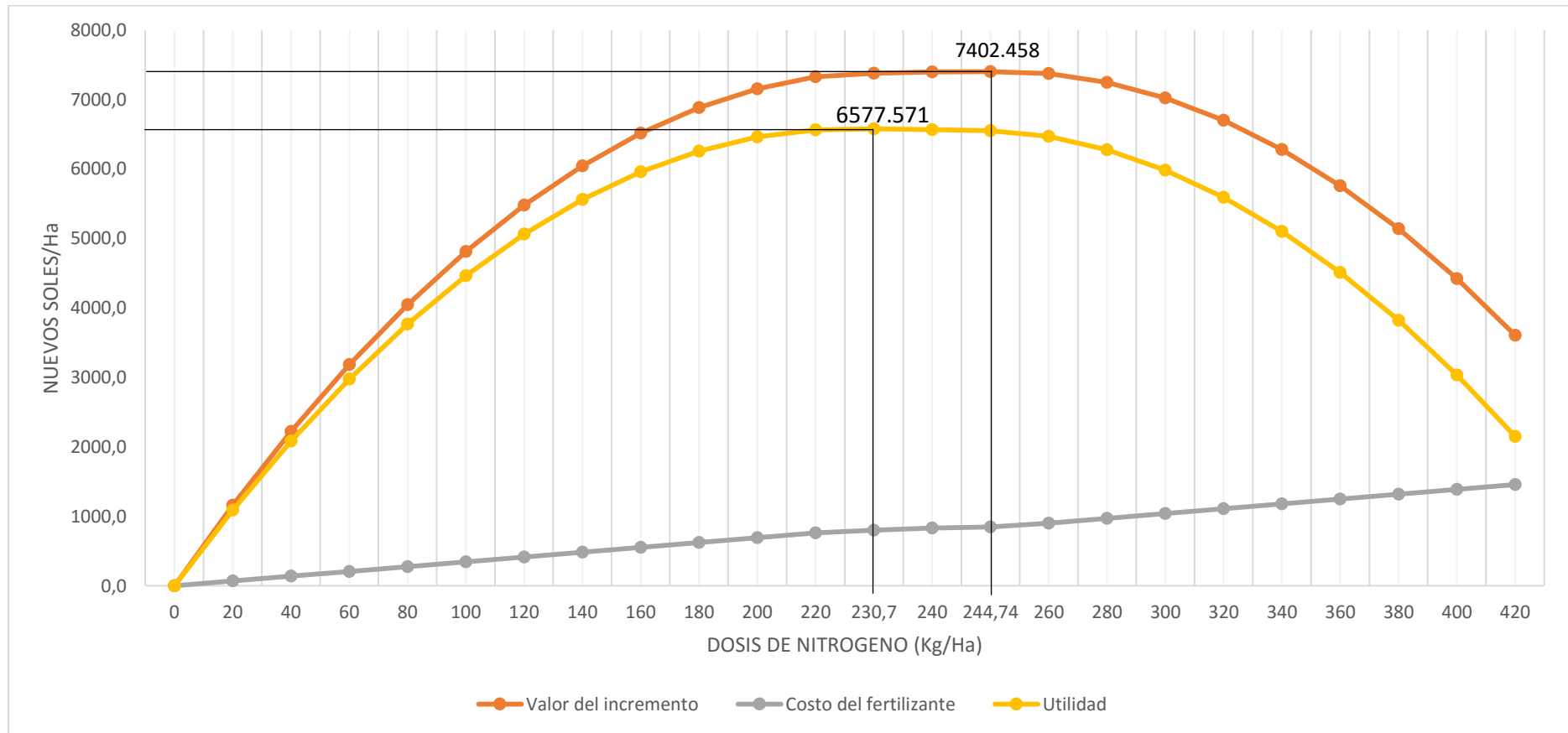
Cuadro 14: Análisis económico de la variedad tinajones

DOSIS N (Kg/ha)	Rendimiento Kg/ha	Valor del incremento soles/ha	Costo del fertilizante soles/ha	Utilidad soles/ha
0	3014.057	0.000	0.00	0.000
20	4174.476	1160.419	69.40	1091.019
40	5236.026	2221.969	138.80	2083.169
60	6198.707	3184.650	208.20	2976.450
80	7062.519	4048.462	277.60	3770.862
100	7827.462	4813.405	347.00	4466.405
120	8493.537	5479.480	416.40	5063.080
140	9060.743	6046.686	485.80	5560.886
160	9529.080	6515.023	555.20	5959.823
180	9898.548	6884.491	624.60	6259.891
200	10169.148	7155.090	694.00	6461.090
220	10340.878	7326.821	763.40	6563.421
240	10413.740	7399.683	832.80	6566.883
260	10387.733	7373.676	902.20	6471.476
280	10262.857	7248.800	971.60	6277.200
300	10039.113	7025.055	1041.00	5984.055
320	9716.499	6702.442	1110.40	5592.042
340	9295.017	6280.960	1179.80	5101.160
360	8774.666	5760.609	1249.20	4511.409
380	8155.446	5141.389	1318.60	3822.789
400	7437.357	4423.300	1388.00	3035.300
420	6620.400	3606.343	1457.40	2148.943
Max	244.74	10416.516	7402.458	849.24
Opt	230.70	10392.158	7378.101	800.53

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Análisis económico según la ecuación de respuesta. Var. tinajones

$$Y=3014.057+60.4926531X-0.1235860X^2$$



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Según el análisis económico de los datos de la canola, la dosis de nitrógeno que da mayor rendimiento es de 154.37 kg N. /ha., obteniendo una utilidad de S/. 1936.176 nuevos soles.
- Según el análisis económico de los datos del arroz, variedad mallares, la dosis de nitrógeno que da mayor rendimiento es de 216 kg N. /ha., obteniendo una utilidad de S/.6499.131 nuevos soles.
- Según el análisis económico de los datos del arroz, variedad tinajones, la dosis de nitrógeno que da mayor rendimiento es de 230 kg N. /ha., obteniendo una utilidad de S/.6577.571 nuevos soles.
- Después de haber realizado el análisis económico, puedo concluir que la dosis más alta no siempre nos da la mayor rentabilidad, ni la mayor utilidad.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Aplicar esta metodología en diferentes cultivos para determinar la dosis optima de fertilización.
- Aplicar dicha metodología en los diferentes trabajos que evalúan el análisis económico.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- GARCIA, F. J. (1996).** Fertilización Agrícola. Ediciones Agrociencia. Zaragoza. España. 164 pp.
- Asociación Nacional de fabricantes de fertilización (ANFFE), 2008.** La importancia de los fertilizantes en una agricultura actual productiva y sostenible. 4pp.
- María, A.R. 2011.** EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L. var. Alubia) EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE CASTROVIRREYNA-HUANCAVELICA (PERÚ). 97pp.
- Reyes, C.P. 1990.** El maíz y su cultivo. 1ª edición. México, 460p
- Berrios, G.M. 2000.** Evaluación de rendimiento, componentes de rendimiento, cantidad de aceites y proteínas de canola (*Brassica napus* L.). Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería forestal.
- Cerón, D.W. 1993.** Siembra de raps de invierno. El campesino (mayo 1993) v. 124 (5) p. 17-21.
- Gonzales, B. H. 1982.** Calidad Molinera. En: Curso de Adiestramiento en Producción de Arroz .CIPA-11. Chiclayo, Perú. pp.505-513.
- De Datta, S. K. 1987.** Producción de Arroz. Fundamentos y Prácticas. 690 p.
- Hernández, L.J.1984.** Características de tres variedades de Arroz para el Perú. Revista "Arroz". N.º 46. Comité de Productores de Arroz. Lima. Perú. 64 p.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). 2007.** Arroz INIA 508. Tinajones. Estación Experimental Vista Florida. Chiclayo. Boletín Técnico. 2 p.
- Hacienda el potrero S.A.C. 2013.** Semillas el Potrero. Variedad Mallares. Catálogo 2013. 31p.

LINKOGRAFÍA

- Citak, S. y S. Sonmez. 2010.** Effects of conventional andorganic fertilization on spinach (*Spinacea oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. *Sci. Hortic.* 126(4). Disponible en <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/effects-of-conventional-and-organic-fertilization-on-spinach-spinacea-ErjqafSB3A?>
- Vera, T. 2007.** Importancia de la canola en las zonas altoandinas del Perú. Disponible en <http://www.itdg.org.pe/publicaciones/Biodiesel/vera.pdf>.
- Valetti, O. 2002.** El cultivo de Colza y Canola. Ministerio de Asuntos Agrícolas y Producción. Argentina. Boletín informativo. 17pp. Disponible en www.inta.gov.ar.

ANEXOS

Cuadro 15: Costo de producción del cultivo de canola – 2009

Nombre científico : *Brassica napus* L.

Clase de semillas : Certificadas

Sistema de siembra : Manual

Nivel tecnológico : Medio

		Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Precio total
A	COSTOS DIRECTOS					2296
	1	Preparación de terreno				210
		Rotura (4) Cruza (3)	Yunta	7	30	210
		Siembra				150
	2	Aplicación de fertilizante	Jornal	2	15	30
		Siembra (distribución y tapado de la semilla)	Jornal	8	15	120
		Labores culturales				75
	3	Deshierbo	Jornal	4	15	60
		Desahije	Jornal	1	15	15
		Riegos	Jornal	0	15	0
		Cosecha				270
	4	Corte	Jornal	8	15	120
		Trilla	Jornal	7	15	105
		Ventado	Jornal	2	15	30
		Selección y ensacado	Jornal	1	15	15
	5	Semilla				325
		semilla	Kilo	5	65	325
		Fertilizantes				1126
	6	Úrea	Bolsa	7	55	385
		Fosfato Diamónico	Bolsa	5	78	390
		Cloruro de Potasio	Bolsa	3	117	351
		Pesticidas				130
	7	Furadán	Litro	1	60	60
		Rubigán	Litro	1	70	70
	8	Otros				10
		Transporte de insumos	Viaje	1	10	10
B	Costos indirectos					114.8
		Asistencia técnica y gastos administrativos (5% del costo directo)	Global	1	114.8	114.8
COSTO TOTAL						2410.8